

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年10 月21 日 (21.10.2004)

PCT

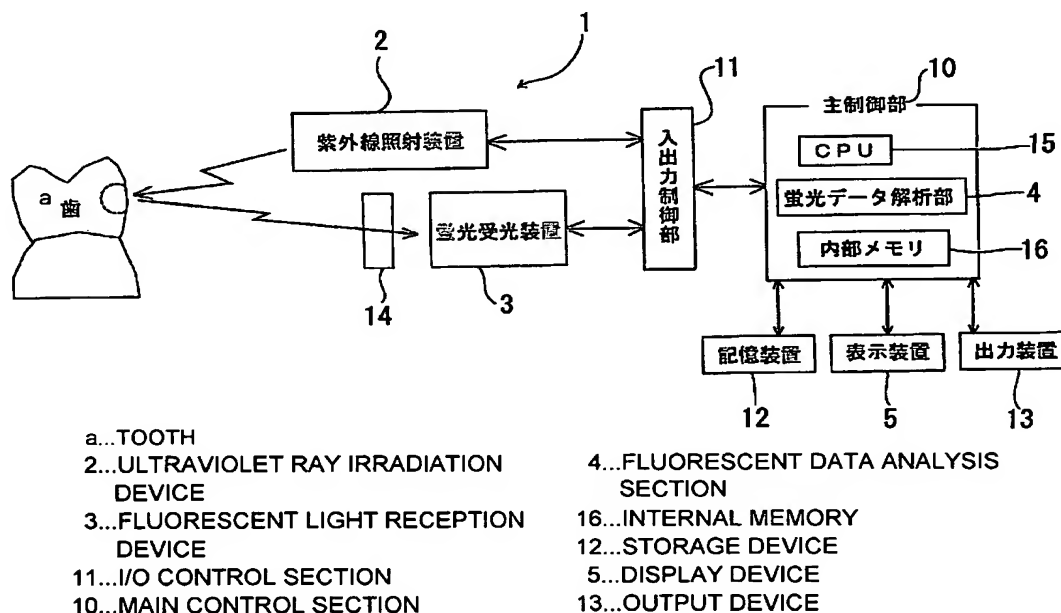
(10) 国際公開番号
WO 2004/089197 A1

- (51) 国際特許分類⁷: A61B 1/24 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004861 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 山岸 敦 (YAM-
AGISHI, Atsushi) [JP/JP]; 〒131-0044 東京都 墨田区 文
(22) 国際出願日: 2004 年4 月2 日 (02.04.2004) 花 2-1-3 花王株式会社研究所内 Tokyo (JP).
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 羽鳥 修, 外 (HATORI, Osamu et al.); 〒107-
0052 東京都 港区 赤坂一丁目 8 番 6 号 赤坂 HKN ビ
(26) 国際公開の言語: 日本語 ル 6 階 Tokyo (JP).
(30) 優先権データ: 特願2003-99917 2003 年4 月3 日 (03.04.2003) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: CARIOUS TOOTH DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 虫歯検出装置



(57) Abstract: A carious tooth detection system (1) includes an ultraviolet ray irradiation device (2), a fluorescent light reception device (3) for receiving fluorescent light from a tooth caused by the ultraviolet rays irradiated from the ultraviolet ray irradiation device (2), a fluorescent data analysis section (4) for analyzing the fluorescent data transmitted from the fluorescent light reception device (3), and a display device (5) for displaying the analysis data obtained by the fluorescent data analysis section (4). The fluorescent light data analysis section (4) is configured so as to analyze the fluorescent data according to the fluorescent light intensity in at least two wavelength bands of the visible light region.

(57) 要約: 本発明の虫歯検出システム1は、紫外線照射装置2と、紫外線照射装置2から照射された紫外線により歯からの蛍光を受光する蛍光受光装置3と、蛍光受光装置3から送信された蛍光データを解析する

[続葉有]



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

虫歯検出装置

技術分野

5

本発明は、虫歯を検出する技術に関し、特に、歯からの蛍光情報に基づいて非破壊的に初期段階の虫歯を検出する技術に関する。

背景技術

10

光を用いて虫歯を検出する従来技術として、技術文献 1（特開平 2 0 0 1 - 2 9 9 6 9 9 号公報）に記載された装置がある。かかる装置は、赤色光（6 0 0 ～ 6 7 0 nm）を励起光として歯に照射し、その歯からの蛍光をフォトダイオードにより受光した光の強度のみを測定するものである。

15 また、前記装置は口腔内細菌由来の蛍光により虫歯を検出するものであるため、虫歯が進行し歯に穴が開いてしまい、その中に細菌が繁殖しているような場合には虫歯の検出が可能である。

しかしながら、初期虫歯の進行度合いは、必ずしも細菌の存在及びその量とは相関していない。特に初期虫歯の場合は、該当箇所に口腔用組成物
20 内細菌が検出されないことがむしろ多いため、前記特許文献 1 に記載の装置でかかる初期虫歯を検出することは困難である。すなわち、このような蛍光情報によって解析した結果は、口腔内細菌の有無等によって左右されるため、初期虫歯の有無を正確に判断することが困難である。

上記技術文献 1 の問題を解決すべく、技術文献 2（Stokey, G. K., et al.
25 Dental caries diagnosis, Dent Clin North Am., 43;665-77, 1999.）及び技術文献 3（Shi X. Q., et al. Comparison of QLF and DIAGNodent for quantification of smooth surface caries, Caries Res., 35(1):21-6, 2001.）に記載された Q L F（quantitative light-induced fluorescence）方法及びこの方法を実現させた装置が開発されている。この装置は、3 8 0

±70 nmの紫外線で照射し、得られた520 nm以上の蛍光の強さのみ
検出するものであり、虫歯部位からの蛍光強度が歯の健常部位からの蛍光
強度に比較して弱くなるという現象を利用して虫歯を検出するものである。
この場合の虫歯検出は、細菌の存在に影響を受けないため、上記技術文献
5 1に開示の装置と比較して虫歯の有無の検出をより正確にできるようにな
っている。しかし、後述の比較例2に示すとおり、実際のミネラル減少率
の変化と上記520 nm以上蛍光強度の変化とは一致しないため、初期虫
歯の進行度合を計測することは困難である。

さらに、技術文献4（欧州特許出願公開第0555645号明細書）に
10 は、虫歯を検出する装置として、360～580 nmの紫外線を歯に照射
し、歯からの620 nm以上の蛍光を測定する装置が記載されている。こ
の装置は虫歯部位に特異的な赤色蛍光のみを測定対象とするものであり、
上記技術文献1のように、口腔内細菌まで検出してしまうことはない。し
かし、上記技術文献4に記載の装置は、蛍光強度の弱い赤色蛍光のみを測
15 定対象とするため、虫歯の有無を検出するのに蛍光強度が不十分で外光な
どの計測環境の影響を受けやすく検出感度が低くなるという問題がある。

他方、虫歯の進行度合いを正確に検出し定量できる技術として、技術文
献5（好川正ら、「エナメル質の脱灰におよぼす0.1 M乳酸のpHなら
びに作用時間の影響」，口腔衛生学会雑誌，1990，第40巻，p. 671
20 ～677）に記載された技術がある。この技術は、抜去した虫歯をスライ
スし、その断面をマイクロX線写真で撮影し、前記写真における情報に基
づいて、健常歯と比較しつつ、ミネラル減少率を算出し、虫歯の進行状況
を定量するものである。かかる方法は、確実に虫歯の進行状況を確認する
ことが可能であるが、歯を抜去およびスライスしなければ、測定すること
25 ができないという問題がある。

したがって、初期虫歯を感度良くかつ正確に検出し、虫歯の進行度合を
も検出できる虫歯検出装置及び虫歯検出方法が望まれていた。

本発明者等は、歯に紫外光（水銀ランプの i 線 365 nm）を照射した場合、健常歯については、400～500 nm 付近（青色相当）に強い蛍光が生じるのに対し、虫歯については、400～500 nm 付近の蛍光が弱くなり、その一方で、600～800 nm 付近（赤色相当）に蛍光が生じることを知見した。

また、本発明者等は、紫外光の照射光強度を減少させた場合、虫歯については、青色相当及び赤色相当の蛍光が弱くなるのに対し、健常歯については、青色相当の蛍光が弱くなるものの、赤色相当の蛍光が強くなることを知見した。

本発明は、上記知見に基づいてなされたものであり、紫外線光源と、該紫外線光源から照射された紫外線により歯からの蛍光を受光する蛍光受光部と、該蛍光受光部から送信された蛍光データを解析する蛍光データ解析部と、該蛍光データ解析部により解析された解析データを表示する解析データ表示部とを備えた虫歯検出装置であって、前記蛍光データ解析部は、前記蛍光データを可視光領域の 2 以上の波長帯における蛍光強度に基づいて解析をする虫歯検出装置である。

本発明に係る検出装置を用いることにより、初期虫歯を感度よく検出することが出来るため、初期虫歯を削らずに非外科的な処置による治療がよりしやすくなる。さらに、本発明に係る虫歯検出装置は、虫歯の進行度合いも計測することができる。前記初期虫歯の治療経過の観察が可能になり、その回復の度合いの確認ができるため、患者に虫歯の進行状況や回復状況を具体的に示すことができる。さらに、虫歯予防処置の重要性や処置の効果に関する理解を得ることができ、口腔の健康の維持向上に貢献することが可能になる。

本発明に係る虫歯検出装置により、歯の表面を計測することによって、虫歯を精度良く検出できるのみならず、歯の隙間等のような計測が困難な部位や（1カ所で計測）、歯の健常部位と虫歯部位との対比測定（2カ所で計測）をも行うことが可能である。また、これらの蛍光データを可視光

領域の 2 以上の波長帯における蛍光強度に基づいて解析をすることにより、虫歯（特に初期虫歯）とその進行度合いを感度良く正確に検出することができる。

また、本発明に係る虫歯検出装置により、紫外線の照射光強度の変化に伴って変化する歯からの蛍光データの中から、虫歯と健全歯とで異なる変化を示す波長帯を選択し、その波長帯における複数の蛍光強度に基づいて解析することができ、それによって虫歯（特に初期虫歯）とその進行度合いを感度良く正確に検出することができる。

本発明において、「第 1 波長帯」とは、赤色相当の波長のみならず、緑色相当の波長まで含めた、550～810 nm の波長帯から選ばれる任意の波長幅を有する波長帯を意味する。「第 2 波長帯」とは、青色相当の波長のみならず、緑色相当の波長まで含めた、380～550 nm の波長帯から選ばれる任意の波長幅を有する波長帯を意味する。「第 3 波長帯」とは、緑色相当の波長のみならず、赤色相当の波長及び青色相当の波長まで含めた、450～650 nm の波長帯から選ばれる任意の波長幅を有する波長帯を意味する。

第 1 波長帯の波長幅は 0.1 nm 以上 260 nm 以下であって、好ましくは 10 nm 以上 260 nm 以下であり、さらに好ましくは 50 nm 以上 260 nm 以下である。第 2 波長帯の波長幅は 0.1 nm 以上 170 nm 以下であって、好ましくは 10 nm 以上 170 nm 以下であり、さらに好ましくは 50 nm 以上 170 nm 以下である。第 3 波長帯の波長幅は 0.1 nm 以上 200 nm 以下であって、好ましくは 10 nm 以上 200 nm 以下であり、さらに好ましくは 50 nm 以上 200 nm 以下である。

また、バンドパスフィルタを使用して蛍光データを複数の波長帯に分割する場合は、そのフィルタの性能により、波長帯に含む波長の数値範囲が変化し得る。たとえば、すでにバンドパスフィルタが素子に組み込まれている原色カラー CCD を用いた場合に、第 1 波長帯（赤色相当）は、中心波長が 650 ± 50 で、第 2 波長帯（青色相当）は、中心波長が 450 ± 50 で、第 3 波長帯（緑色相当）は、中心波長が 550 ± 50 が代表的で

あるが、これらの波長には限定されず、フィルタの特性により、前記各波長帯は、相互に波長の範囲が重なる場合も含む。

第1波長帯の中心波長と第3波長帯の中心波長は、10nm以上離れていることが好ましく、20nm以上離れていることがさらに好ましい。また、第2波長帯の中心波長と第3波長帯の中心波長についても、10nm以上離れていることが好ましく、20nm以上離れていることがさらに好ましい。なお、中心波長とはバンドパスフィルタの二点の相対透過率が50%のポイント間の中間の波長を意味する。

また、図1（フィルタ特性）に示すフィルタの場合は、赤色の波長帯は、350～450及び550～750であり、これらも本願の第1波長帯に含むものとする。

図面の簡単な説明

図1は、カラーCCDのフィルタ特性を示す図である。

図2は、本実施形態の虫歯検出システムの概略構成を示す図である。

図3は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（メイン処理及び単一部位測定処理）を示すフローチャートである。

図4は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（単一部位測定処理、CD₁）を示すフローチャートである。

図5は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（対比測定処理、CD₂）を示すフローチャートである。

図6は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（光強度変化測定処理）を示すフローチャートである。

図7は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（光強度変化測定処理、CD₃）を示すフローチャートである。

図8は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（光強度変化測定処理、CD₄）を示すフローチャートである。

図9は、本実施形態の虫歯検出プログラムに基づいて虫歯検出処理（光

強度変化測定処理、 CD_5)を示すフローチャートである。

図10の(a)～(f)は、実施例1～4に用いられる光強度及び輝度の関係を示す。(a)は、健全歯部位(軽)について示すグラフ、(b)は、健全歯部位(中)について示すグラフ、(c)は、健全歯部位(重)について示すグラフ、(d)は、虫歯の軽度部位について示すグラフ、(e)は、虫歯の中等度部位について示すグラフ、(f)：虫歯の重度部位について示すグラフである。

発明の詳細な説明

10

以下、本発明の虫歯検出装置及び虫歯検出方法並びに虫歯検出プログラムの好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

図2に示すように、本実施形態の虫歯検出システム(虫歯検出装置)1は、紫外線照射装置(紫外線光源)2と、紫外線照射装置2から照射された紫外線により歯からの蛍光を受光する蛍光受光装置(蛍光受光部)3と、
15 蛍光受光装置3から送信されたデータを解析するデータ解析部4と、データ解析部4により解析された解析データを表示する表示装置(解析データ表示部)5とを備えている。

データ解析部4は、蛍光データを可視光領域の2以上の波長帯に分割し、
20 それぞれの波長帯における蛍光強度に基づいて解析ができるように構成されている。

まず、かかる虫歯検出システム1を詳細に述べる。

虫歯検出システム1は、このシステム全体を統括的に制御する主制御部10(詳細後述)を有する。この主制御部10には、入出力制御部11を介して、紫外線照射装置2、及び蛍光受光装置3が接続されていると共に、
25 記憶装置12、表示装置5、及び出力装置13が接続されている。

紫外線照射装置2は、波長が300～400nm程度の紫外線を照射するもので、照射光強度が調整可能に構成されていればよい。このような紫外線照射装置2には、例えば、紫外線LED、水銀ランプ、メタルハライ

ドランプ等がある。紫外線LEDは、紫外線の照射光強度が調整されるように構成されている。例えば、通電量に関して入出力制御部11で制御する、もしくは複数のLEDの点灯個数を変えることにより、光の強度調整を行う。

- 5 水銀ランプ又はメタルハライドランプは、照射光が可視光カットフィルタを通過して紫外光になり、その紫外光の強度が調整できるようになっている。強度調整は例えば電流値の制御やNDフィルタを用いることにより行う。

- そして、このような紫外線照射装置2から紫外線を導光するものとして
10 は、紫外線吸収率が低いものであれば特に限定はないが、例えば石英ガラスや高分子材料からなるコアを有する光ファイバを通して歯に直接照射されるようになっている。

- 蛍光受光装置3は、紫外線の照射により歯からの蛍光が、紫外線カット
15 フィルタ14を通過することにより紫外線領域の光が吸収され、可視光領域の光のみが、光ファイバを通して光デバイスに受光されるように構成されている。

- 光デバイスは、可視光領域の蛍光から、色情報を含んだ情報を蛍光データとして取り込み、その情報を入出力制御部11に送信可能なものであればよい。入出力制御部11は、光デバイスからの情報をAD変換するよう
20 に構成されている。

上述の光デバイスには、例えば、分光輝度計、カラーCCD、CMOS、又は2色以上の色フィルタ付き光センサ等がある。

- 具体的には、分光輝度計は、蛍光をプリズム等により色分解し、各色光
25 (赤色光、緑色光、青色光等)を光センサに取り込むことにより、各色毎の情報を得るよう構成されている。

また、カラーCCDは、色フィルタ(原色RGB, 補色CMYG)を有する2次元配列された素子で受光し、それぞれの素子からの電気信号に基づいて色情報を得るよう構成されている。

さらに、2色以上の色フィルタ(バンドパスフィルタ)付き光センサは、

蛍光の特定波長のみを、例えば、フォトマルやシリコンフォトダイオードのような受光素子からの電気信号に基づいて各波長帯毎の情報を得るように構成されている。

記憶装置は、データ解析部 4 により解析された解析データを保存できるものであればよく、例えば、ハードディスク、フレキシブルディスク、光ディスク等がある。

表示装置 5 は、上記解析データや解析データの選択（測定部位の数、光強度の変化）に必要な情報を表示できるものであればよく、例えば、CRT ディスプレイ、液晶ディスプレイ等がある。

出力装置 1 3 は、上記解析データを出力できるものであればよく、例えば、プリンタ等がある。

主制御部 1 0 は、CPU 1 5、内部メモリ 1 6、蛍光データ解析部 4 等を有する。CPU 1 5 は、OS (Operating System) 等の制御プログラムや虫歯検出プログラムからの命令を解読して実行するように構成されている。

内部メモリ 1 6 は、入出力制御部 1 1 からの情報や、記憶装置 1 2 からの解析データを一時的に保存するものである。

蛍光データ解析部 4 は、虫歯検出プログラムが CPU 1 5 により実行されることにより、虫歯検出プログラムと、CPU 1 5、メインメモリ等のハードウェア資源（コンピュータ）とが協働した手段として構成されている。

そして、虫歯検出プログラムは、CPU 1 5 に実現させる機能として、測定部位数選択機能、光強度変化機能、データ取込機能、波長帯選択機能、虫歯度合演算機能、虫歯有無・進行度合判断機能等を有し、これらの機能により、以下に述べる虫歯検出方法が構築される。

次に、本実施形態の虫歯検出方法を、虫歯検出プログラムの諸機能と関連させつつ、図 3～図 9 を参照して説明する。

虫歯検出方法は、メイン処理（S 1～S 3、S 5）を共通にし、検出目的や検出方法の違いにより、単一部位測定方法（S 4、S 1 1～S 1 9）、対比測定方法（S 2 1～S 3 0）、光強度変化測定方法（S 3 1～S 3 5、

S 4 1 ~ S 4 8、S 5 1 ~ S 5 8、S 6 1 ~ S 6 8) の 3 通りに大別される。

単一部位測定方法は、外から見える虫歯部位又は虫歯と疑われる部位や、特に歯の隙間や噛み合わせ等のような見えない虫歯部位の虫歯の有無又は
5 その虫歯の進行度合を検出する方法で、虫歯部位と思われる 1 箇所を 1 回以上測定する。

対比測定方法は、外から見える虫歯部位又は虫歯と疑われる部位（単に「虫歯部位」とする）の虫歯の有無又はその虫歯の進行度合を検出する方法で、同一の歯における虫歯部位と健常部位の 2 箇所をそれぞれ独立して
10 測定する。

光強度変化測定方法は、外から見えるか否かにかかわらず虫歯の有無及びその虫歯の進行度合の検出する方法で、紫外線の照射光強度を変化させつつ、虫歯部位と思われる同一箇所を複数回測定する。

具体的には、図 3 に示すように、C P U 1 5 が、測定するか否かを表示
15 装置 5 に表示させ（S 1）、測定する場合には、虫歯検出プログラムの測定部位数選択機能に基づき、測定部位の数が「1」であるか否かを表示させる（S 2）。

測定部位の数が「1」でない場合には、「対比測定方法」の処理に分岐し（分岐 B、詳細後述）、測定部位の数が「1」である場合には、C P U
20 1 5 が、虫歯検出プログラムの光強度変化選択機能に基づき、光源の光強度を変化させるか否かを表示させる（S 3）。

光源の光強度を変化させる場合には、「光強度変化測定方法」の処理に分岐し（分岐 C、詳細後述）、光源の光強度を変化させない場合には、C P U 1 5 が、「単一部位測定方法」の処理を実行する。

25 ここで、単一部位測定方法においては、まず、測定者が、紫外線照射装置 2 を用いて、対象部位に照射し、蛍光受光装置 3 を用いて、歯からの蛍光より情報を得る。

次いで、C P U 1 5 が、虫歯検出プログラムのデータ取込機能に基づき、光デバイスからの情報を、入出力制御部 1 1 により A D 変換されたデジタ

ル信号として内部メモリ16に取り込み、そのデジタル信号を、第1～第3波長帯毎の輝度（蛍光強度）R、B、Gを内部メモリ16に記憶する（S4）。

ここに、第1波長帯（赤色相当）は、可視光領域（380～810nm）において、波長が、550～810nmであることが好ましく、より好ましくは、600～700nmである。

また、第2波長帯（青色相当）は、可視光領域において、波長が、380～550nmであることが好ましく、より好ましくは、400～500nmである。

さらに、第3波長帯（緑色相当）は、可視光領域において、波長が、450～650nmであることが好ましく、より好ましくは、500～600nmである。

その後、図4に示すように、CPU15が、虫歯検出プログラムの虫歯度合演算機能に基づき、輝度R、B、Gを求め、その値を次の式（1）に従って虫歯度合 CD_1 を演算する（S11）。

$$CD_1 = R / B \cdots \text{式 (1)}$$

この虫歯度合 CD_1 は、虫歯の進行に伴って、虫歯部位につき、輝度Rが増加する一方で、輝度B、Gが減少するという特性を利用し、虫歯の進行度合を定量的な増加関数として表したものである。

ここでは、輝度Bの絶対的強度が輝度Gより大きいため、外光等の影響を受けにくくノイズが小さいため、虫歯度合 CD_1 をより高い精度で算出できる。

また、輝度Bの代わりに輝度Gを用いて次の式（1.2）に従って虫歯度合 CD_{12} を演算してもよい。

$$CD_{12} = R / G \cdots \text{式 (1.2)}$$

S12～S19の処理は、CPU15が虫歯検出プログラムの虫歯有無・進行度合判断機能に基づいて実行する処理である。

S12では、虫歯度合 CD_1 を、下限しきい値 E_1 と比較する。ここに、「下限しきい値」とは、健常歯と虫歯（特に初期虫歯、以下同じ）とを判

別するための値で、紫外線照射装置 2 における照射光強度、照射面積等の条件や、蛍光受光装置 3 における光路長、受光素子の感度等の条件によって異なり、虫歯検出システム 1 におけるキャリブレーションによって決定される。

- 5 虫歯度合 CD_1 が、下限しきい値 E_1 より小さい、又は下限しきい値 E_1 と等しい場合には、健常歯である旨（解析データ）を表示してメイン処理の S_1 に戻り（ S_{18} 、 S_{19} ）、虫歯度合 CD_1 が下限しきい値 E_1 より大きい場合には、虫歯である旨（解析データ）を表示する（ S_{13} ）。

- S_{14} では、虫歯度合 CD_1 を、上限しきい値 F_1 と比較する。ここに、
10 「上限しきい値」とは、軽度の虫歯と重度の虫歯とを判別するための値で、上記下限しきい値と同様に決定される。

- 虫歯度合 CD_1 が上限しきい値 F_1 より小さい場合には、軽度の初期虫歯である旨（解析データ）を表示し（ S_{15} ）、虫歯度合 CD_1 が、上限しきい値 F_1 より大きい、又は下限しきい値 F_1 と等しい場合には、重度の初期虫歯である旨（解析データ）を表示し（ S_{16} ）、メイン処理の S_1 に戻る（ S_{17} ）。
15

上記 S_2 において、測定部位の数が「1」でない場合には、CPU 15 が、「対比測定方法」の処理を実行する。

- ここで、対比測定方法においては、まず、測定者が、紫外線照射装置 2
20 を用いて、紫外線を、同一の歯において、虫歯部位（虫歯と疑われる部位）と、その近傍の健常部位とにそれぞれ照射し、蛍光受光装置 3 を用いて、虫歯部位の蛍光から第 1 情報を得ると共に、健常部位の蛍光から第 2 情報を得る。

- 次いで、図 5 に示すように、CPU 15 が、虫歯検出プログラムのデータ
25 取込機能に基づき、光デバイスからの第 1、第 2 情報を、それぞれ、入出力制御部 11 により AD 変換されたデジタル信号として内部メモリに取り込み、それぞれのデジタル信号を、虫歯検出プログラムの波長帯選択機能に基づき、第 1～第 3 波長帯毎に分解した、虫歯部位の輝度（ R_c 、 B_c 、 G_c ）、健常部位の輝度（ R_n 、 B_n 、 G_n ）を、それぞれ内部メモリ 16

に記憶する（S 2 1）。

その後、CPU 1 5 が、虫歯検出プログラムの虫歯度合演算機能に基づき、虫歯部位の輝度（ R_c 、 B_c 、 G_c ）、及び健常部位の輝度（ R_n 、 B_n 、 G_n ）のそれぞれの平均値を求め、それぞれの平均値を次の式（2）に従って虫歯度合 CD_2 を演算する（S 2 2）。

$$CD_2 = |R_n - R_c| \times |B_n - B_c| \cdots \text{式 (2)}$$

この虫歯度合 CD_2 は、虫歯の進行に伴って、虫歯部位の輝度 R_c が健常部位の輝度 R_n より大きくなり、かつ、虫歯部位の輝度 B_c 、 G_c が健常部位の輝度 B_n 、 G_n より小さくなるという特性を利用し、虫歯の進行度合を定量的な増加関数として表したものである。

ここでは、輝度 B の絶対的強度が輝度 G より大きいため、外光等の影響を受けにくくノイズが小さいため、虫歯度合 CD_1 の精度を高める観点から、輝度 G を用いていないが、単に輝度 R との比較の観点からでは、輝度 B の代わりに輝度 G を用いて次の式（2. 2）に従って虫歯度合 CD_{22} を演算したり、輝度 B と共に輝度 G を用いて次の式（2. 3）に従って虫歯度合 CD_{23} を演算してもよい。

$$CD_{22} = |R_n - R_c| \times |G_n - G_c| \cdots \text{式 (2. 2)}$$

$$CD_{23} = |R_n - R_c| \times \{ |B_n - B_c| + |G_n - G_c| \} \cdots \text{式 (2. 3)}$$

S 2 3 ～ S 3 0 の処理は、CPU 1 5 が虫歯検出プログラムの虫歯有無・進行度合判断機能に基づいて実行する処理であり、上記 S 1 2 ～ S 1 9 の処理とほぼ同様である。

S 2 3 では、虫歯度合 CD_2 を、下限しきい値 E_2 と比較する。

虫歯度合 CD_2 が、下限しきい値 E_2 より小さい、又は下限しきい値 E_2 と等しい場合には、健常歯である旨を表示してメイン処理の S 1 に戻り（S 2 9、S 3 0）、虫歯度合 CD_2 が下限しきい値 E_2 より大きい場合には、虫歯である旨を表示する（S 2 4）。

S 2 5 では、虫歯度合 CD_2 を、上限しきい値 F_2 と比較する。

虫歯度合 CD_2 が上限しきい値 F_2 より小さい場合には、軽度の初期虫歯

である旨を表示し（S 2 6）、虫歯度合 CD_2 が、上限しきい値 F_2 より大きい、又は上限しきい値 F_2 と等しい場合には、重度の初期虫歯である旨を表示し（S 2 7）、メイン処理の S 1 に戻る（S 2 8）。

上記 S 3 において、光源の光強度を変化させる場合には、CPU 1 5 が、

5 「光強度変化測定方法」の処理を実行する。

ここで、光強度変化測定方法においては、まず、測定者が、紫外線照射装置 2 を用いて、光強度 U_1 、 U_2 ($U_1 > U_2$) を変化させた紫外線を、同一歯の同一部位にそれぞれ照射し、蛍光受光装置 3 を用いて、光強度 U_1 についての蛍光から第 1 情報を得ると共に、光強度 U_2 についての蛍光か

10 ら第 2 情報を得る。

次いで、図 6 に示すように、CPU 1 5 が、虫歯検出プログラムのデータ取込機能に基づき、光デバイスからの第 1、第 2 情報を、それぞれ、出力制御部 1 1 により AD 変換されたデジタル信号として内部メモリ 1 6 に取り込み、それぞれのデジタル信号を、第 1～第 3 波長帯毎の光強度 U_1 についての輝度 (R_1 、 B_1 、 G_1)、光強度 U_2 についての輝度 (R_2 、 B_2 、 G_2) を、それぞれ内部メモリ 1 6 に記憶する（S 3 1、S 3 2）。光強度は 2 つに限定されるものではなく、2 つ以上であってもよい。

その後、CPU 1 5 が、虫歯検出プログラムの虫歯有無・進行度合判断機能に基づき、光強度 U_1 の輝度 R_1 と、光強度 U_2 の輝度 R_2 との大小関係、すなわち、($R_1 - R_2$) の符号が「正 (+)」であるか否かを判断し（S 3 3）、「正 (+)」の場合には、虫歯の可能性がある旨を表示し（S 3 4）、「負 (-)」の場合には、健常歯である旨を表示してメイン処理の S 1 に戻る（S 3 5）。判別方法はこれに限らず、複数の輝度データと照射強度との相関関係を求め、その相関が「正」である場合は虫歯、「負」である場合は健常と判断する方法を用いてもよい。

S 3 3～S 3 5 の処理は、虫歯部位については、輝度 R_2 が輝度 R_1 より小さくなる（紫外線照射強度に正の相関）のに対し、健常部位については、輝度 R_2 が輝度 R_1 より大きくなる（紫外線照射強度に負の相関）という特性を利用し、虫歯の進行度合を判断する前に、虫歯の有無を判断したもの

である。

S 3 4に進んだ後の処理は、虫歯度合の演算処理の違いにより、虫歯度合 CD_3 の処理（分岐 D_1 、S 4 1～S 4 8）、虫歯度合 CD_4 の処理（分岐 D_2 、S 5 1～S 5 8）、虫歯度合 CD_5 の処理（分岐 D_3 、S 6 1～S 6 8）の3つに分岐する。

図 7 に示すように、虫歯度合 CD_3 の処理においては、CPU 1 5 が、虫歯検出プログラムの虫歯度合演算機能に基づき、光強度 U_1 の輝度（ R_1 、 B_1 、 G_1 ）、及び光強度 U_2 の輝度（ R_2 、 B_2 、 G_2 ）のそれぞれの値を求め、それぞれの値を次の式（3）に従って虫歯度合 CD_3 を演算する（S 4 1）。

$$CD_3 = (R_1 / R_2) \times (B_1 / B_2) \cdots \text{式 (3)}$$

この虫歯度合 CD_3 は、虫歯部位については、輝度 R_2 、 B_2 、 G_2 が、それぞれ、輝度 R_1 、 B_1 、 G_1 より小さくなるのに対し、健常部位については、輝度 B_2 、 G_2 が、それぞれ、輝度 B_1 、 G_1 より小さくなるものの、輝度 R_2 が輝度 R_1 より大きくなるという特性を利用し、虫歯の進行度合を関数として表したものである。

S 4 2～S 4 8 の処理は、CPU 1 5 が虫歯検出プログラムの虫歯有無・進行度合判断機能に基づいて実行する処理であり、上記 S 2 3～S 3 0 の処理とほぼ同様である。

S 4 2 では、虫歯度合 CD_3 を、上限しきい値 F_3 と比較する。虫歯度合 CD_3 が、上限しきい値 F_3 より大きい、又は上限しきい値 F_3 と等しい場合には、健常歯である旨を表示してメイン処理の S 1 に戻り（S 4 7、4 8）、虫歯度合 CD_3 が、上限しきい値 F_3 より小さい場合には、S 4 3 に進む。

S 4 3 では、虫歯度合 CD_3 を、下限しきい値 E_3 と比較する。虫歯度合 CD_3 が下限しきい値 E_3 より大きい場合には、軽度の初期虫歯である旨を表示し（S 4 4）、虫歯度合 CD_3 が、下限しきい値 E_3 より小さい、又は下限しきい値 E_3 と等しい場合には、重度の初期虫歯である旨を表示し（S 4 5）、メイン処理の S 1 に戻る（S 4 6）。

図 8 に示すように、虫歯度合 CD_4 の処理においては、上記虫歯度合 CD_3 の処理の比較した場合、 $S51$ の処理のみが異なる。

$S51$ では、光強度 U_1 の輝度 (R_1 、 B_1 、 G_1)、及び光強度 U_2 の輝度 (R_2 、 B_2 、 G_2) のそれぞれの値を次の式 (4) に従って虫歯度合 CD_4 を演算する。

$$CD_4 = (R_1 / R_2) \times (G_1 / G_2) \cdots \text{式 (4)}$$

その他の処理は、上記同様であるので説明を省略する。

図 9 に示すように、虫歯度合 CD_5 の処理においては、上記虫歯度合 CD_3 の処理の比較した場合、 $S61$ 、 $S62$ 、 $S63$ の処理のみが異なる。

$S61$ では、光強度 U_1 の輝度 (R_1 、 B_1 、 G_1)、及び光強度 U_2 の輝度 (R_2 、 B_2 、 G_2) のそれぞれの値を次の式 (5) に従って虫歯度合 CD_5 を演算する。

$$CD_5 = (R_1 / R_2) \times \{ (B_1 / B_2) + (G_1 / G_2) \} \cdots \text{式 (5)}$$

$S62$ では、上限しきい値 F_5 の設定の仕方が異なり、 $S63$ では、下限しきい値 E_5 の設定の仕方が異なる。その他の処理は、上記同様であるので説明を省略する。

このような光強度変化測定方法においては、図示しないが、上記虫歯度合 CD_3 、 CD_4 、 CD_5 のほか、次の式 (6) に従って虫歯度合 CD_6 を演算してもよい。

$$CD_6 = (R_1 / R_2) \times (B_1 / B_2) \times (G_1 / G_2) \cdots \text{式 (6)}$$

以上述べたように、本実施形態によれば、虫歯検出方法において、虫歯度合 CD を、エネルギー値の高低にわたる輝度 R 、 B 、 G に基づいて定量的な関数で表し、その虫歯度合 CD を下限しきい値 E 及び上限しきい値 F と比較することにより、細菌の侵襲を受けていない初期段階の虫歯について、「健常歯」、「軽度の虫歯」又は「重度の虫歯」の何れであるかの判断を感度よく正確に行うことができる。

また、本実施形態によれば、虫歯検出方法を、1カ所から得られるデータを用いた測定方法、2カ所から得られるデータを対比する測定方法、光強度を変化させる測定方法の3つに大別できる、これらの方法を検出目的、

計測部位により使い分ける、組み合わせることを可能にすることにより、効率的に精度良く虫歯の有無や虫歯の進行度合を検出できる。

すなわち、1カ所から得られるデータを用いた測定方法にあつては、見えている部分のみならず歯の隙間や噛み合わせ等のような比較部位の得られにくい部位に用いることができ、その1箇所を測定するだけで、虫歯の有無や進行度合を検出できる。この測定方法は、得られた虫歯度合 CD_1 に基づいて虫歯の検出を瞬時に行える方法としてあらゆる部位の測定に有利である。

また、2カ所から得られるデータを対比する測定方法にあつては、見えている虫歯部位又は虫歯と疑われる部位について、健常部位との比較において、2箇所測定することにより、虫歯の有無や進行度合を検出できる。この測定方法は、虫歯部位と健常部位との比較を考慮に入れた虫歯度合 CD_2 のみに基づいて瞬時に虫歯の進行度合を検出できる点で有利である。

さらに、光強度変化測定方法にあつては、紫外線の光強度を変化させつつ、同一の虫歯部位について、少なくとも2回測定することにより、虫歯の進行度合を検出できる。この測定方法は、光強度の異なる輝度 R_1 、 R_2 の大小を比較するだけで虫歯の有無を瞬時に判断できる点や、光強度の変化により歯の深度に応じた、虫歯の進行度合を得られる点で有利である。

本発明に係る虫歯検出方法は、虫歯検出プログラムを組み込んだ虫歯検出システム1を用いることにより、実現することができる。

本発明は、上記実施形態に限られることなく、種々の変更を行うことができる。

例えば、上記光強度測定方法においては、光強度を2種に変化させたが、これに限られず、光強度を3種以上に変化させ、このうち、任意の2つの情報(蛍光データ)を取り込み、虫歯度合 $CD_3 \sim CD_6$ を演算してもよい。

また、虫歯度合 $CD_3 \sim CD_6$ を演算するにあたって、光強度の異なる輝度の比(R_1/R_2)等を用いたが、この代わりに、輝度の傾きや相関関係を用いることもできる。

さらに、虫歯度合 CD と、下限しきい値 E 及び上限しきい値 F との比較

のほか、さらに、別のしきい値を加えることにより、重度と軽度との中間的な程度の中等度を示すこともできる。さらにまた、表示装置 5 に解析データとして、健常歯である旨等のデータのほか、虫歯度合 C D 自体を表示してもよく、このような解析データを出力装置 1 3 に出力してもよい。

5 [実施例]

本発明者等は、現在のところ最も正確に虫歯の進行度合いを測定できる非特許文献 3 記載の方法と実施例 1 ～ 4 と比較例 1、2 との相関関係を求めることにより本発明に係る虫歯検出装置の検出精度を評価した。

実験に用いた抜去歯は、表層が脱落してなく非外科的処置で回復可能な
10 初期虫歯であるものを選んだ。これらの抜去歯は経験を積んだ歯科医師の目視により、ごく初期のもの（軽度）、ある程度進んだもの（中等度）、穴のあく寸前のもの（重度）の 3 種類に分類した。

分類した抜去歯をまず本発明に係わる虫歯検出装置で計測した。その後、非特許文献 3 に記載の方法に基づき、前記の抜去歯をスライスし、マイクロ X 線写真撮影用の試料を作成した。実施例において、本発明に係る虫歯
15 検出装置での計測結果と非特許文献 3 で示した方法で得られたミネラル減少率との相関係数を求めることにより本発明の虫歯検出装置の正確さを検証した。

ミネラル減少率とは、虫歯の進行度合を示すもので、上記非特許文献 3
20 に従い、マイクロ X 線写真を用いて、表面から深さ 300 ミクロンまでの部位についてコンピュータ画像解析により得られた値であり、健常部位のミネラル減少率を 0 % とし、溶けて歯のすべてが無くなった場合はミネラル減少率を 100 % とする。

本実施例で用いた虫歯検出システム 1 及びこれを用いた虫歯検出方法に
25 ついて説明する。紫外線照射装置 2 として水銀ランプ（ニコン社製、形式：C S H G 1）を用いた。この水銀ランプは、400 nm 以下の波長の紫外線を透過するバンドパスフィルタ（ニコン社製、形式：E 3 6 5 / 1 0）の装着により、i 線を効率よく照射できるようにした。また、水銀ランプは、ND フィルタ（ニコン社製、形式：ND 4）の装着により、光強度を

U_1 ($= 340 \text{ mV} / \text{cm}^2$)、 U_2 ($= 94 \text{ mV} / \text{cm}^2$) の 2 段階に変化できるようにした。水銀ランプからの紫外線は、光ファイバー（石英製）により直接歯に照射した。

- 5 蛍光受光装置 3 としてカラー CCD カメラ（ポラロイド社製、形式：PDMC II i）を用いた。カラー CCD は、 400 nm 以上の光を透過する UV カットフィルタ（ニコン社製、形式：BA400）の装着により、可視光領域の蛍光を撮像できるようにした。データは A/D 変換を行い各 16 bit の輝度 R、B、G を得た。

- 10 歯の測定部位及び光強度 U_1 、 U_2 を変化させた測定について説明する。虫歯部位について、軽度部位 L、中等度部位 M、重度部位 H の 3 箇所を測定の対象にすると共に、それぞれの近傍（同一歯の中）にある健常部位について、健常部位（軽） L' 、健常部位（中） M' 、健常部位（重） H' の 3 箇所を測定の対象とした。

- 15 それぞれの測定部位について、光強度 U_1 と、光強度 U_2 とに対応して、測定部位の記号に添字「1」、「2」を付す。例えば、「 L_1 」は、光強度 U_1 の紫外線を照射した、虫歯の軽度部位についての測定部位を示し、「 $H_{2,1}$ 」は、光強度 U_1 、 U_2 の紫外線をそれぞれ照射した、虫歯の重度部位についての測定部位を示す。

- 20 本実施例において計測した、各測定部位毎の光強度 U_1 、 U_2 と輝度 R、B、G との関係を図 10 に示し、光強度 U_1 、 U_2 、輝度 R、B、G のデータ（最大 $2^{16} = 65536$ ）を表 1、表 2、表 3 に示した。

表 1

測定部位		輝度 R	輝度 G	輝度 B
L_1'	健常_340mV/cm ²	2965	36420	64597
L_2'	健常_94mV/cm ²	3408	13465	34529
L_1	軽度_340mV/cm ²	6345	23169	46429
L_2	軽度_94mV/cm ²	4860	7892	16608

表 2

測定部位		輝度R	輝度G	輝度B
M ₁ '	健常_340mV/cm ²	871	31447	61884
M ₂ '	健常_94mV/cm ²	3561	12121	30485
M ₁	軽度_340mV/cm ²	9039	28355	51510
M ₂	軽度_94mV/cm ²	6432	11072	20589

表 3

測定部位		輝度R	輝度G	輝度B
H ₁ '	健常_340mV/cm ²	284	40539	65279
H ₂ '	健常_94mV/cm ²	2797	16054	41853
H ₁	軽度_340mV/cm ²	7571	16315	28406
H ₂	軽度_94mV/cm ²	6525	7385	11810

〔実施例 1〕

実施例 1 では、上記実施形態で示した虫歯検出方法の「1 カ所から得られるデータを用いた測定方法」に従い、光強度 U_1 の測定部位 L_1 、 M_1 、
 5 H_1 、 L_1' 、 M_1' 、 H_1' について、それぞれ、虫歯度合 CD_1 を算出し、虫歯度合 CD_1 とミネラル減少率とのそれぞれの相関係数を求めた。

〔比較例 1〕

比較例 1 では、上記特許文献 2 に記載の技術に従い、紫外線の光強度を U_1 にし、測定部位 L_1 、 M_1 、 H_1 、 L_1' 、 M_1' 、 H_1' について計測
 10 した。カラー CCD に、620 nm 以上の光を透過するカットフィルタを装着し、カラー CCD が赤色蛍光のみの画像を取り込めるようにした。この画像をグレイ画像に変換し、各測定部位毎に赤の輝度 (16 bit) を得た。赤の輝度とミネラル減少率とのそれぞれの相関係数を求めた。実施例 1 と比較例 1 の計測結果を表 4 に示す。

表 4

			実施例1(絶対値)	比較例1
測定 部位		ミネラル 減少率(%)	虫歯度合 CD_1	赤の輝度
L_1	虫歯部位 (軽度)	11.2	0.137	6345
M_1	虫歯部位 (中等度)	25.6	0.166	9039
H_1	虫歯部位 (重度)	68.9	0.267	7571
L_1'	健常部位	0	0.046	2965
M_1'	健常部位	0	0.014	871
H_1'	健常部位	0	0.004	284
ミネラル減少率との相関係数			0.934	0.702

表4に示したように、ミネラル減少率が高い場合は虫歯が進行している
 5 ことを意味している。本発明に係る実施例1の虫歯度合 CD_1 とミネラル
 減少率との相関係数が高く、虫歯度合 CD_1 は、虫歯の進行度合を客観的
 に定量値することができることが実証された。

虫歯の進行度合いを的確に捉えるためには、ミネラル減少率の値に応じ
 て、赤の輝度も高くならなければならない。しかし、これに対し比較例1
 10 の場合は、虫歯の中等度部位 M_1 と重度部位 H_1 の間で、赤の輝度の大小関
 係が逆転しており、必ずしも虫歯の進行度合とは一致していないため、虫
 歯の進行度合いの検出は困難である。

[実施例2]

実施例2では、上記実施形態で示した虫歯検出方法の「対比測定方法」
 15 に従い、光強度 U_1 の測定部位 (L_1 、 L_1')、(M_1 、 M_1')、(H_1 、

H_1') について、それぞれ、虫歯度合 CD_2 を算出し、虫歯度合 CD_2 とミネラル減少率とのそれぞれの相関係数を求めた。

[比較例 2]

比較例 2 では、上記特許文献 1 で示した従来技術に従い、紫外線の光強度を U_1 にし、測定部位 (L_1 、 L_1')、(M_1 、 M_1')、(H_1 、 H_1') について計測した。カラー CCD に、520 nm 以上の光を透過するカットフィルタを装着し、カラー CCD が 520 ~ 800 nm の単色光の画像を取り込めるようにした。この画像をグレイ画像に変換し、各測定部位毎に、虫歯部位の輝度 (16 bit) と、健常部位の輝度 (16 bit) とを求め、その比を相対輝度として算出した。相対輝度とミネラル減少率とのそれぞれの相関係数を求めた。実施例 2 と比較例 2 の計測結果を表 5 に示す。

表 5

			実施例 2 (相対比較)	比較例 2
		ミネラル減少率 (%)	虫歯度合 CD_2	相対輝度
L_1, L_1'	軽度部位	11.2	6.14E+07	0.730
M_1, M_1'	中等度部位	25.6	8.47E+07	0.944
H_1, H_1'	重度部位	68.9	2.69E+08	0.493
ミネラル減少率との相関係数			0.990	-0.742

15

表 5 から、虫歯度合 CD_2 とミネラル減少率との相関係数が高く、虫歯度合 CD_2 は、虫歯の進行度合について客観的な定量値で示すことができることが実証された。その一方、虫歯の中等度部位 (M_1 、 M_1') と重度部位 (H_1 、 H_1') の間で、相対輝度の大小関係が逆転しており、単色光の輝度のみでは、必ずしも虫歯の進行度合とは一致していないため、虫歯

20

の進行度合いの検出は困難である。

[実施例 3]

実施例 3 では、上記実施形態で示した虫歯検出方法の「光強度変化測定方法」に従い、光強度 U_1 、 U_2 の測定部位 $L_{2,1}$ 、 $M_{2,1}$ 、 $H_{2,1}$ 、 $L_{2,1}'$ 、 $M_{2,1}'$ 、 $H_{2,1}'$ について、それぞれ、輝度変化 $(R_1 - R_2)$ 、 $(G_1 - G_2)$ 、 $(B_1 - B_2)$ と、虫歯度合 CD_3 、 CD_4 とを演算し、虫歯度合 CD_3 、 CD_4 とミネラル減少率とのそれぞれの相関係数を求めた。実施例 3 の計測結果を表 6、表 7 に示す。

10 表 6

測定 部位		ミネラル 減少率 (%)	輝度変化 (340 - 94)		
			$R_1 - R_2$	$G_1 - G_2$	$B_1 - B_2$
$L_{2,1}$	虫歯部位 (軽度)	11.2	1485	15277	27821
$M_{2,1}$	虫歯部位 (中等度)	25.6	2607	17283	30921
$H_{2,1}$	虫歯部位 (重度)	68.9	1046	8931	16596
$L_{2,1}'$	健常部位	0	-443	22955	30068
$M_{2,1}'$	健常部位	0	-2690	19326	31399
$H_{2,1}'$	健常部位	0	-2514	24485	23426
ミネラル減少率との相関係数			0.557	-0.890	-0.739

表 7

		実施例 3 (強度変化)		
測定 部位		ミネラル減少率 (%)	虫歯度合 CD ₃	虫歯度合 CD ₄
L _{2,1}	軽度部 位	11.2	3.649	3.833
M _{2,1}	中等度 部位	25.6	3.516	3.599
H _{2,1}	重度部 位	68.9	2.791	2.564
ミネラル減少率との相関係数			-0.995	-0.998

表 6 から、輝度変化 ($R_1 - R_2$) の符号は、虫歯の有無を示す客観的な判断基準であることが明らかになった。また、表 7 から、虫歯度合 CD₃、CD₄ とミネラル減少率との相関係数が高く、虫歯度合 CD₃、CD₄ は、虫歯の進行度合について客観的な定量値で示すことができることが実証された。

[実施例 4]

実施例 4 では、上記実施例 3 と同様に、虫歯度合 CD₅、CD₆ とを演算し、虫歯度合 CD₅、CD₆ とミネラル減少率とのそれぞれの相関係数を求めた。

上記虫歯度合 CD₃、CD₄ が、輝度 R と、輝度 B、G の何れか一方との二者を演算対象にしているのに対し、虫歯度合 CD₅、CD₆ は、輝度 R、B、G の三者を演算対象にしている点が異なる。実施例 4 の計測結果を表 8 に示す。

表 8

測定部位		実施例4(強度変化)		
		ミネラル減少率 (%)	虫歯度合 CD ₅	虫歯度 合CD ₆
L _{2,1}	軽度部位	11.2	7.48	10.71
M _{2,1}	中等度部位	25.6	7.11	9.00
H _{2,1}	重度部位	68.9	5.35	6.17
ミネラル減少率との相関係数			-0.997	-0.990

表8から、虫歯度合CD₅、CD₆とミネラル減少率との相関係数が高く、虫歯度合CD₅、CD₆は、虫歯の進行度合について客観的な定量値で示す

5 ことができることが実証された。

本発明によれば、初期虫歯を感度良く正確に検出し、しかもその進行度合をも検出できる虫歯検出装置及び虫歯検出方法を得ることができる。

産業上の利用の可能性

10 本発明は、非破壊的に初期虫歯を検出する技術分野において、初期虫歯の有無、初期虫歯の進行度合を検出する技術に利用できる。

請 求 の 範 囲

1. 紫外線光源と、該紫外線光源から照射された紫外線により歯からの
蛍光を受光する蛍光受光部と、該蛍光受光部から送信された蛍光データを
5 解析する蛍光データ解析部と、該蛍光データ解析部により解析されたデータ
を表示するデータ表示部とを備えた虫歯検出装置であって、

前記蛍光データ解析部は、前記蛍光データを可視光領域の2以上の波長
帯における蛍光強度に基づいて解析をする虫歯検出装置。

2. 紫外線光源と、該紫外線光源から照射された紫外線により歯からの
10 蛍光を受光する蛍光受光部と、該蛍光受光部から送信された蛍光データを
解析する蛍光データ解析部と、該蛍光データ解析部により解析されたデータ
を表示するデータ表示部とを備えた虫歯検出装置であって、

前記蛍光データ解析部は、前記紫外線の照射光強度の変化に応じて変化
する1つ以上の波長帯における複数の蛍光強度に基づいて解析をする虫歯
15 検出装置。

3. 前記蛍光データ解析部は、550～810nmの波長帯から選ばれ
る0.1nm以上260nm以下の波長幅を有する第1波長帯における前
記蛍光強度と、380～550nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上
170nm以下の波長幅を有する第2波長帯における前記蛍光強度とに基
20 づいて虫歯の進行度合を演算する請求の範囲第1項又は第2項に記載の虫
歯検出装置。

4. 前記蛍光データ解析部は、550～810nmの波長帯から選ばれ
る0.1nm以上260nm以下の波長幅を有する第1波長帯における前
記蛍光強度と、380～550nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上
25 170nm以下の波長幅を有する第2波長帯における前記蛍光強度及び／
又は450～650nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上200nm
以下の波長幅を有する第3波長帯における前記蛍光強度とに基づいて虫歯
の進行度合を演算する請求の範囲第1項又は第2項に記載の虫歯検出装置。

5. 前記蛍光受光部には、前記可視光領域から前記第1波長帯及び前記第2及び／又は第3波長帯における前記蛍光強度に関する情報を抽出可能な光デバイスが設けられている請求の範囲第1項～第4項記載の何れかに記載の虫歯検出装置。
- 5 6. 前記光デバイスは、分光輝度計、カラーCCD、CMOS、又は2色以上の色フィルタ付き光センサの何れか一つである請求の範囲第5項に記載の虫歯検出装置。
7. 前記紫外線光源は、出力強度が調整可能に構成されている請求の範囲第5項又は第6項に記載の虫歯検出装置。
- 10 8. 前記紫外線光源は、紫外線LEDである請求の範囲第7項に記載の虫歯検出装置。
9. 光源から紫外線を歯の測定部位に照射し、該測定部位からの蛍光によって虫歯を検出する方法であって、
前記測定部位からの蛍光情報を取り込む第1ステップと、
- 15 前記取り込んだ蛍光情報を550～810nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上260nm以下の波長幅を有する第1波長帯、380～550nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上170nm以下の波長幅を有する第2波長帯及び450～650nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上200nm以下の波長幅を有する第3波長帯から選ばれる2つ以上の波
- 20 長帯における前記蛍光の強度を求める第2ステップと、
前記蛍光の強度に基づいて演算し、前記演算結果に応じて虫歯の有無及び／又は虫歯の進行度合を判断する第3ステップとを含む虫歯検出方法。
10. 前記第3ステップには、前記第1波長帯の蛍光の強度Rと、前記第2波長帯の蛍光の強度B又は前記第3波長帯の蛍光の強度Gとを対象とし、次の式(1)あるいは(2)に従って虫歯度合 CD_1 を演算する第3.1ステップと、
- 25 $CD_1 = R / B$ …式(1) あるいは
 $CD_1 = R / G$ …式(2)
- 前記虫歯度合 CD_1 の値と下限しきい値 E_1 とを比較する第3.2ステッ

プと、

前記虫歯度合 CD_1 の値が、前記下限しきい値 E_1 より大きい場合には虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_1 の値が、前記下限しきい値 E_1 より小さい又は前記下限しきい値 E_1 と等しい場合には健常な歯であると判断

5 する第 3. 3 ステップとを含む請求の範囲第 9 項に記載の虫歯検出方法。

11. 前記第 3. 3 ステップに虫歯であると判断された場合において、前記虫歯度合 CD_1 の値と上限しきい値 F_1 とを比較する第 3. 4 ステップと、

10 前記虫歯度合 CD_1 の値が、前記上限しきい値 F_1 より大きい場合には重度の虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_1 の値が、前記上限しきい値 F_1 より小さい又は前記上限しきい値 F_1 と等しい場合には軽度の虫歯であると判断する第 3. 5 ステップとを含む請求の範囲第 10 項に記載の虫歯検出方法。

12. 光源から紫外線を歯の測定部位に照射し、該測定部位からの蛍光
15 によって虫歯を検出する方法であって、

前記測定部位の数が 2 つの場合には、前記測定部位の蛍光をそれぞれ第 1 情報及び第 2 情報として取り込む第 1 ステップと、

前記第 1、第 2 情報に基づきそれぞれ、550～810 nm の波長帯から選ばれる 0.1 nm 以上 260 nm 以下の波長幅を有する第 1 波長帯、
20 380～550 nm の波長帯から選ばれる 0.1 nm 以上 170 nm 以下の波長幅を有する第 2 波長帯及び 450～650 nm の波長帯から選ばれる 0.1 nm 以上 200 nm 以下の波長幅を有する第 3 波長帯から選ばれる 2 以上の波長帯における前記蛍光の強度を求める第 2 ステップと、

前記蛍光強度に基づき、次の式 (3) あるいは (4) に従って虫歯度合
25 CD_2 を演算する第 3 ステップと、

$$CD_2 = |R_n - R_c| \times |B_n - B_c| \quad \cdots \text{式 (3)} \quad \text{あるいは}$$

$$CD_2 = |R_n - R_c| \times |G_n - G_c| \quad \cdots \text{式 (4)}$$

R_n - 第 1 情報の第 1 波長帯の蛍光の強度

B_n - 第 1 情報の第 2 波長帯の蛍光の強度

G_n - 第1情報の第3波長帯の蛍光の強度

R_c - 第2情報の第1波長帯の蛍光の強度

B_c - 第2情報の第2波長帯の蛍光の強度

G_c - 第2情報の第3波長帯の蛍光の強度

- 5 前記虫歯度合 CD_2 の値と下限しきい値 E_2 とを比較する第4ステップと、

前記虫歯度合 CD_2 の値が、前記下限しきい値 E_2 より大きい場合には虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_2 の値が、前記下限しきい値 E_2 より小さい又は前記下限しきい値 E_2 と等しい場合には健常な歯であると判断

- 10 する第5ステップとを含む虫歯検出方法。

13. 前記第5ステップに虫歯であると判断された場合において、前記虫歯度合 CD_2 の値と上限しきい値 F_2 とを比較する第5.1ステップと、

前記虫歯度合 CD_2 の値が、前記上限しきい値 F_2 より大きい場合には重度の虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_2 の値が、前記上限しきい値

- 15 F_2 より小さい又は前記上限しきい値 F_2 と等しい場合には軽度の虫歯であると判断する第5.2ステップとを含む請求の範囲第12項に記載の虫歯検出方法。

14. 光源から紫外線を歯の測定部位に照射し、該測定部位からの蛍光によって虫歯を検出する方法であって、

- 20 異なる2以上の光強度 U_1 、 $U_2 \cdots U_n$ ($U_1 > U_2 \cdots > U_n$) につき前記測定部位の蛍光をそれぞれ第1情報、第2情報 \cdots 第n情報として取り込む第1ステップと、

第1情報、第2情報 \cdots 第n情報を、550～810nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上260nm以下の波長幅を有する第1波長帯、38

- 25 0～550nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上170nm以下の波長幅を有する第2波長帯及び450～650nmの波長帯から選ばれる0.1nm以上200nm以下の波長幅を有する第3波長帯から選ばれる2以上の波長帯における前記蛍光の第1蛍光強度 R_1 、 B_1 、 G_1 及び第2蛍光強度 R_2 、 B_2 、 $G_2 \cdots$ 第n蛍光強度 R_n 、 B_n 、 G_n を求める第2ステ

ップと、

下記の式（５）に従い演算する第３ステップと、

$$(R_1 - R_2) + (R_2 - R_3) + \dots + (R_{n-1} - R_n) \quad \dots \text{式（５）}$$

- 式（５）から得られる結果の符号が正であれば虫歯の可能性があると判断し、負もしくは０であれば健全な歯であると判断する第４ステップを含む虫歯検出方法。

１５． 前記第４ステップに虫歯の可能性があると判断された場合において、次の式（６）に従って虫歯度合 CD_3 を演算する第４．１ステップと、

$$CD_3 = (R_{n-1} / R_n) \times (B_{n-1} / B_n) \quad \dots \text{式（６）}$$

- １０ 前記虫歯度合 CD_3 の値と上限しきい値 F_3 とを比較する第４．２ステップと、

前記虫歯度合 CD_3 の値が、前記上限しきい値 F_3 より大きい又は前記上限しきい値 F_3 と等しい場合には健全な歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_3 の値が、前記上限しきい値 F_3 より小さい場合には虫歯であると判断

- １５ する第４．３ステップとを含む請求の範囲第１４項に記載の虫歯検出方法。

１６． 前記第４．３ステップに虫歯であると判断された場合において、前記虫歯度合 CD_3 の値と下限しきい値 E_3 とを比較する第４．４ステップと、

- ２０ 前記虫歯度合 CD_3 の値が、前記下限しきい値 E_3 より大きい又は前記下限しきい値 E_3 と等しい場合には軽度の虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_3 の値が、前記下限しきい値 E_3 より小さい場合には重度の虫歯であると判断する第４．５ステップとを含む請求の範囲第１５項に記載の虫歯検出方法。

- １７． 前記第４ステップに虫歯の可能性があると判断された場合において、次の式（７）に従って虫歯度合 CD_4 を演算する第４．１ステップと、

$$CD_4 = (R_{n-1} / R_n) \times (G_{n-1} / G_n) \quad \dots \text{式（７）}$$

前記虫歯度合 CD_4 値と上限しきい値 F_4 とを比較する第４．２ステップと、

前記虫歯度合 CD_4 の値が、前記上限しきい値 F_4 より大きい又は前記上

限しきい値 F_4 と等しい場合には健常な歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_4 の値が、前記上限しきい値 F_4 より小さい場合には虫歯であると判断する第 4.3 ステップとを含む請求の範囲第 14 項に記載の虫歯検出方法。

18. 前記第 4.3 ステップに虫歯であると判断された場合において、
5 前記虫歯度合 CD_4 の値と下限しきい値 E_4 とを比較する第 4.4 ステップと、

前記虫歯度合 CD_4 の値が、前記下限しきい値 E_4 より大きい又は前記下限しきい値 E_4 と等しい場合には軽度の虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_4 の値が、前記下限しきい値 E_4 より小さい場合には重度の虫歯であると判断する第 4.5 ステップとを含む請求の範囲第 17 項に記載の虫歯検出方法。
10

19. 前記第 4 ステップに虫歯の可能性があると判断された場合において、次の式 (8) に従って虫歯度合 CD_4 を演算する第 4.1 ステップと、

$$CD_5 = (R_{n-1} / R_n) \times \{ (G_{n-1} / G_n) + (B_{n-1} / B_n) \} \quad \dots$$

- 15 式 (8)

前記虫歯度合 CD_5 値と上限しきい値 F_5 とを比較する第 4.2 ステップと、

前記虫歯度合 CD_5 の値が、前記上限しきい値 F_5 より大きい又は前記上限しきい値 F_5 に等しい場合には健常の歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_5 の値が、前記上限しきい値 F_5 より小さい場合には虫歯であると判断する第 4.3 ステップとを含む請求の範囲第 14 項に記載の虫歯検出方法。
20

20. 前記第 4.3 ステップに虫歯であると判断された場合において、前記虫歯度合 CD_5 の値と下限しきい値 E_5 とを比較する第 4.4 ステップと、

25 前記虫歯度合 CD_5 の値が、前記下限しきい値 E_5 より大きい又は前記下限しきい値 E_5 に等しい場合には軽度の虫歯であると判断し、前記虫歯度合 CD_5 の値が、前記下限しきい値 E_5 より小さい場合には重度の虫歯であると判断する第 4.5 ステップとを含む請求の範囲第 19 に記載の虫歯検出方法。

21. 前記 n が 2 である請求の範囲第 14 項～第 20 項の何れか一つに記載の虫歯検出方法。

22. 請求の範囲第 9 項～第 20 項の何れか一つに記載の虫歯検出方法をコンピュータに実現させる虫歯検出プログラム。

5 23. 光源から紫外線を歯の測定部位に照射し、該測定部位からの蛍光によって虫歯を検出する方法であって、

異なる 2 以上の光強度 $U_1, U_2 \dots U_n$ ($U_1 > U_2 \dots > U_n$) につき前記測定部位の蛍光をそれぞれ第 1 情報、第 2 情報…第 n 情報として取り込む第 1 ステップと、

10 第 1 情報、第 2 情報…第 n 情報を、550～810 nm の波長帯から選ばれる 0.1 nm 以上 260 nm 以下の波長幅を有する第 1 波長帯における前記蛍光の第 1 蛍光強度 R_1 及び第 2 蛍光強度 $R_2 \dots$ 第 n 蛍光強度 R_n を求める第 2 ステップと、

下記の式 (5) に従い演算する第 3 ステップと、

15 $(R_1 - R_2) + (R_2 - R_3) + \dots + (R_{n-1} - R_n)$ …式 (5)

式 (5) から得られる結果の符号が正であれば虫歯の可能性があると判断し、負もしくは 0 であれば健常な歯であると判断する第 4 ステップを含む虫歯検出方法。

Fig.1

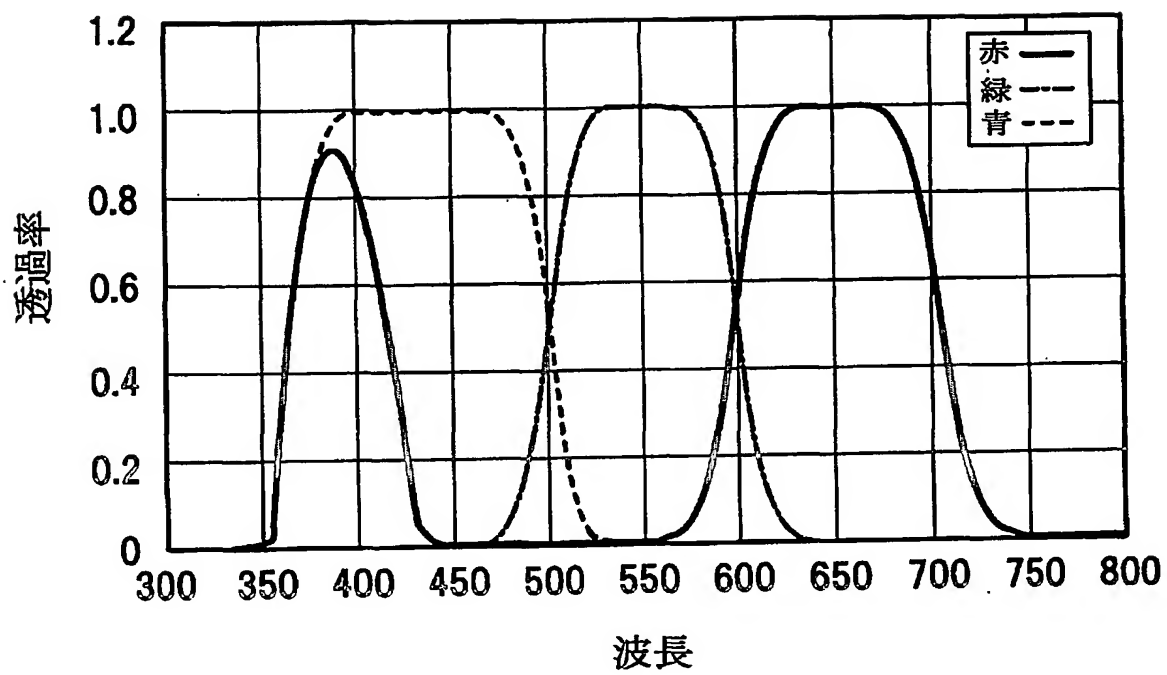


Fig.2

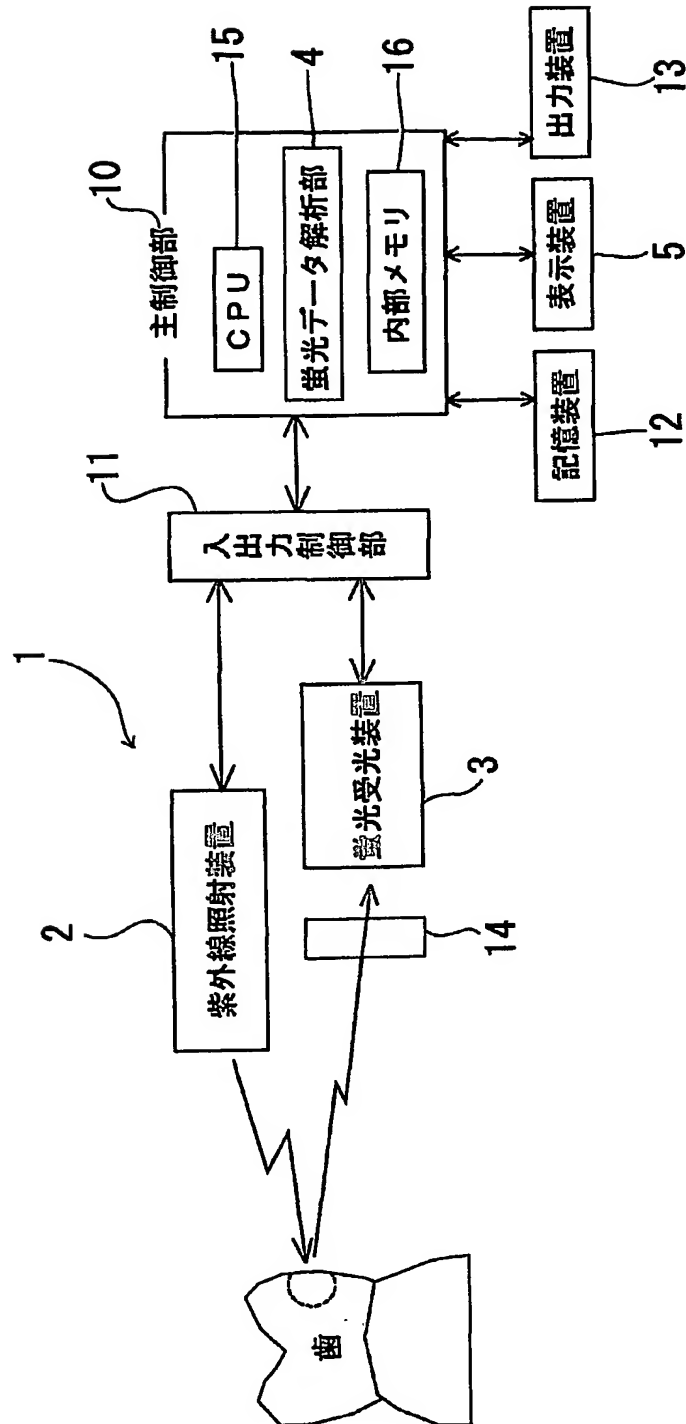


Fig.3

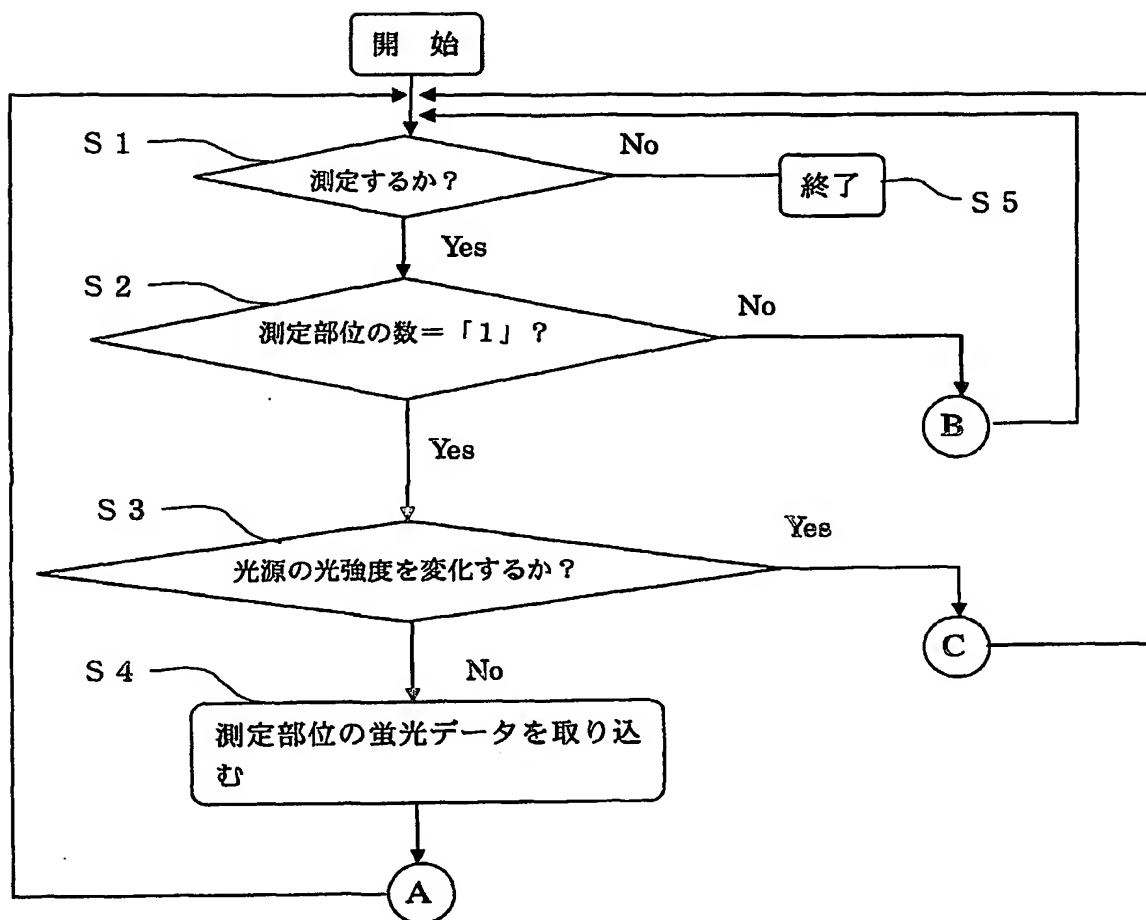


Fig.4

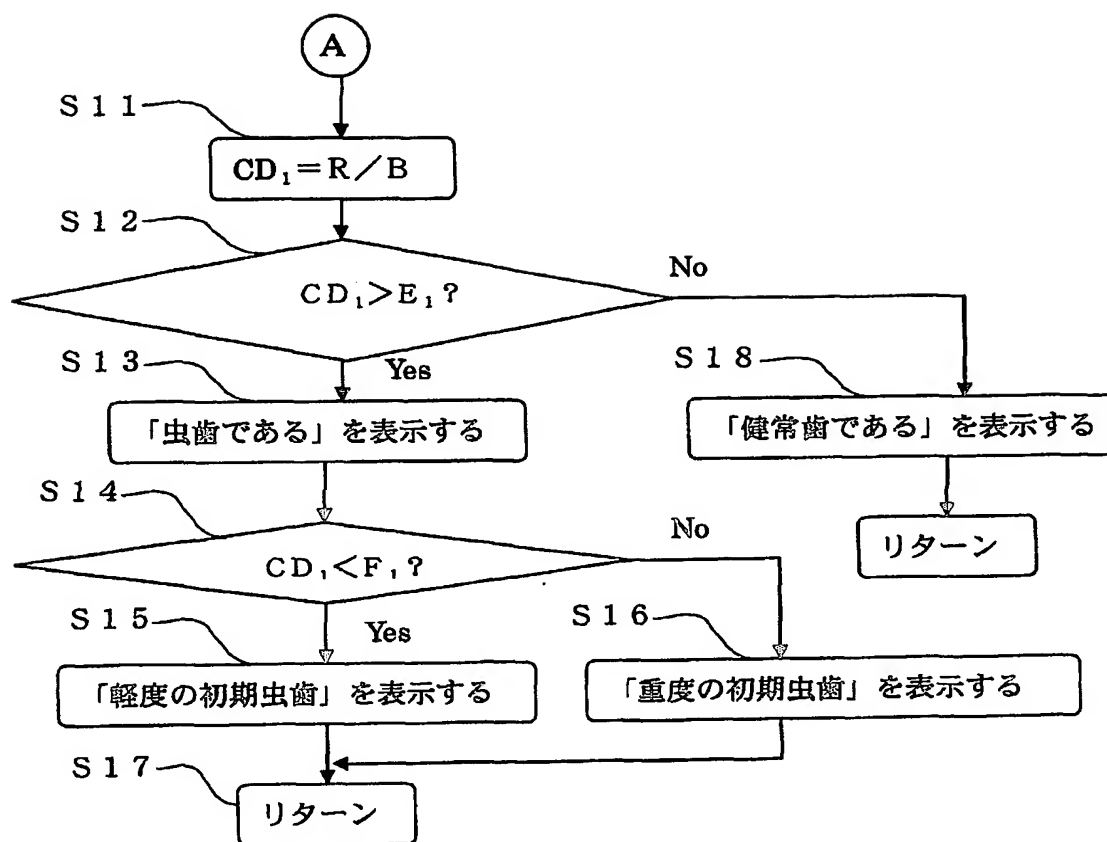
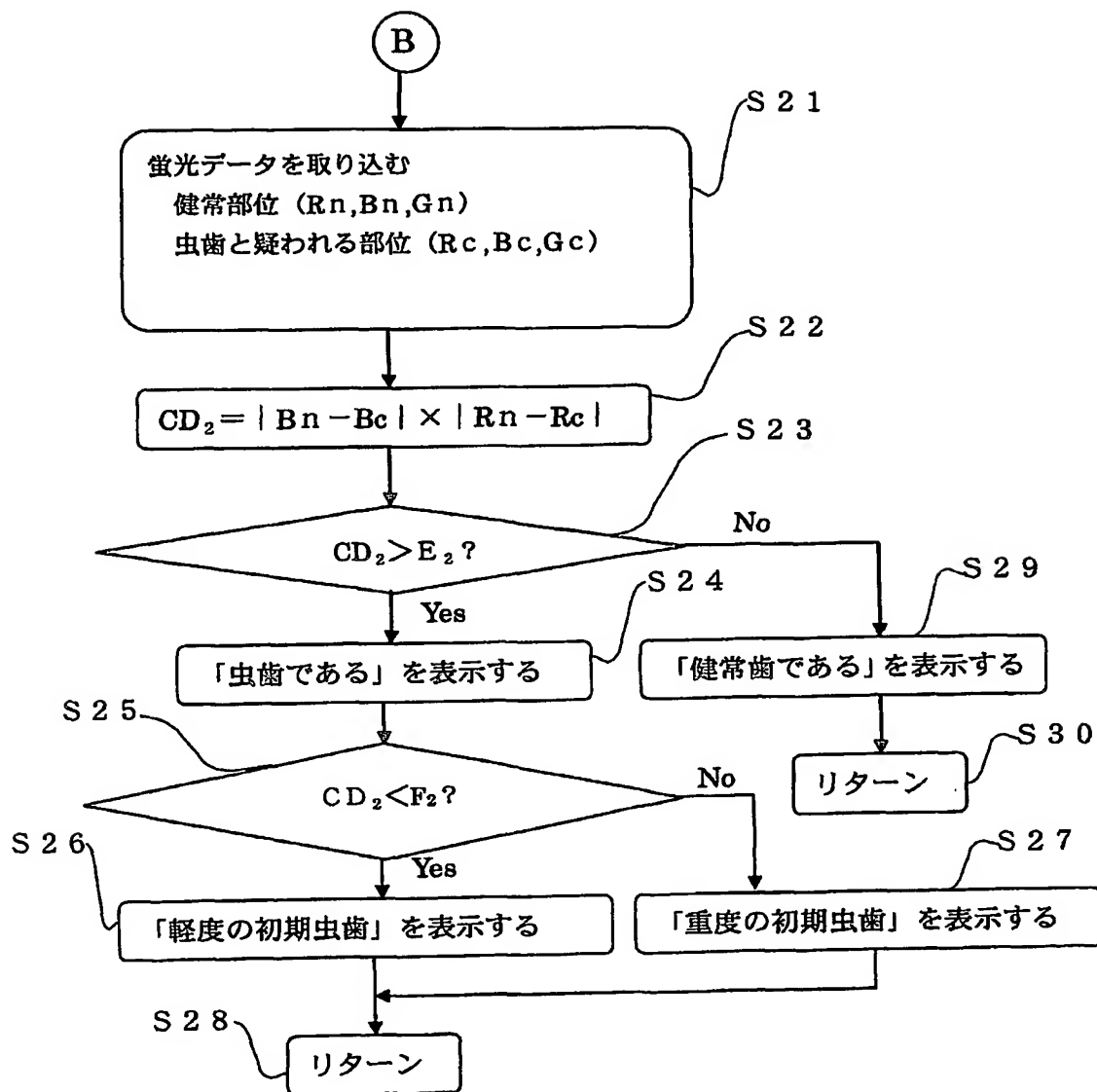


Fig.5



6/12

Fig.6

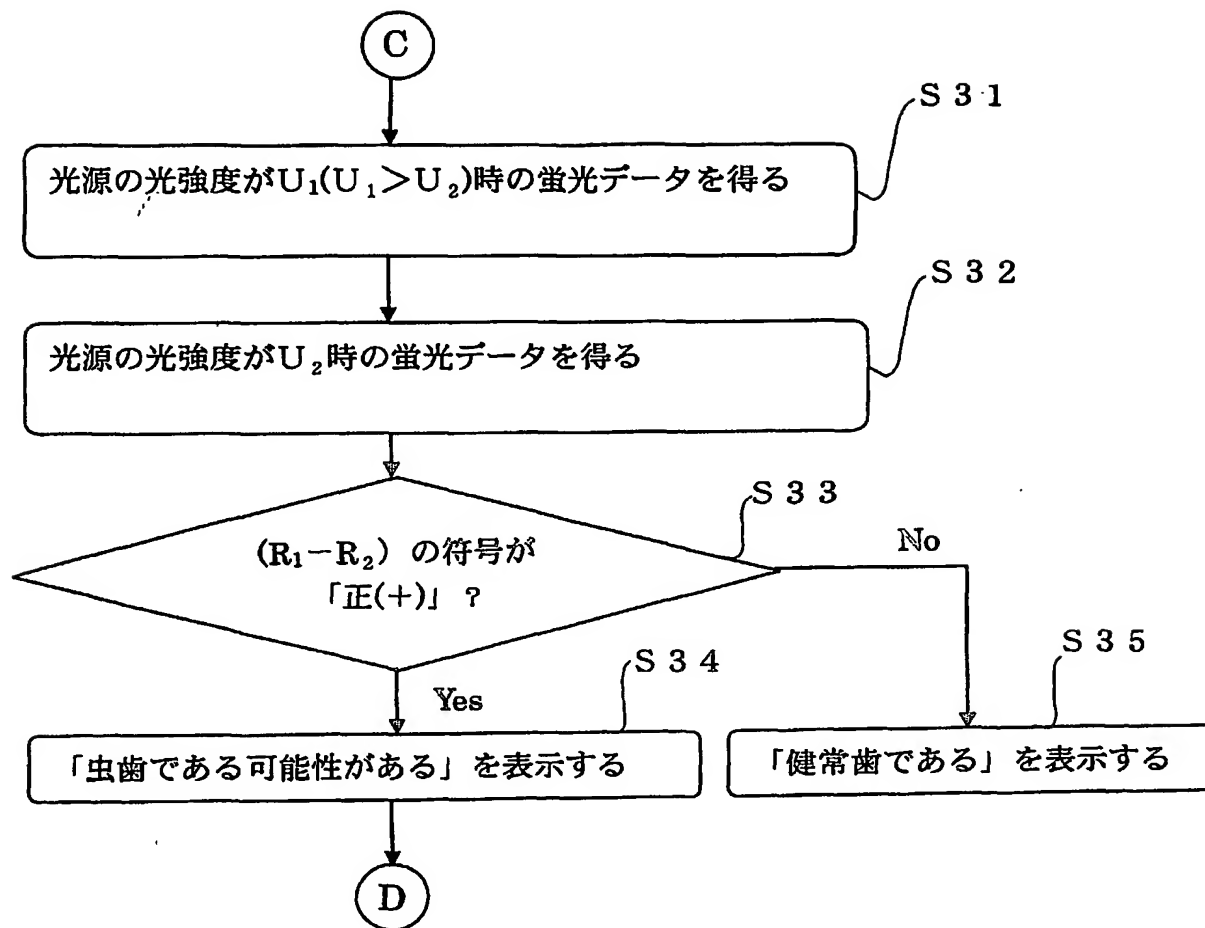


Fig.7

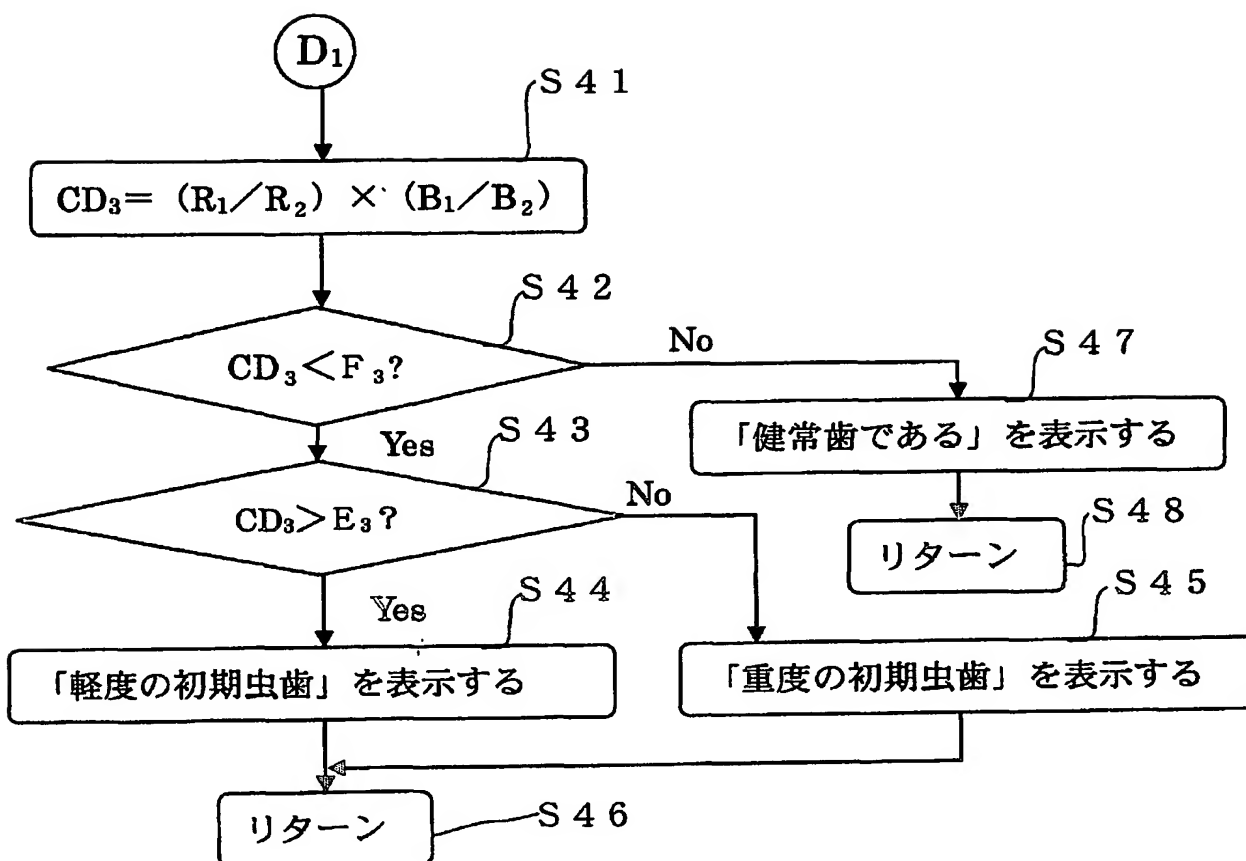
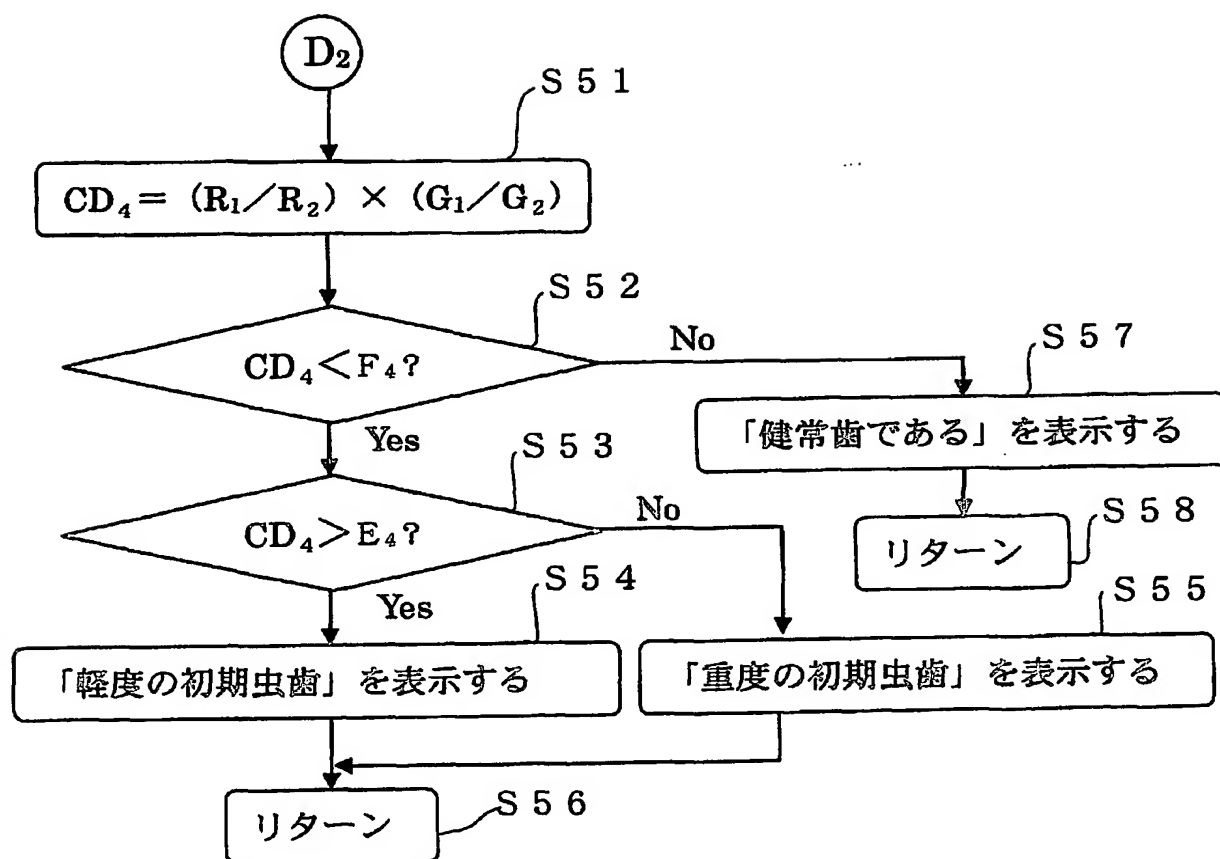
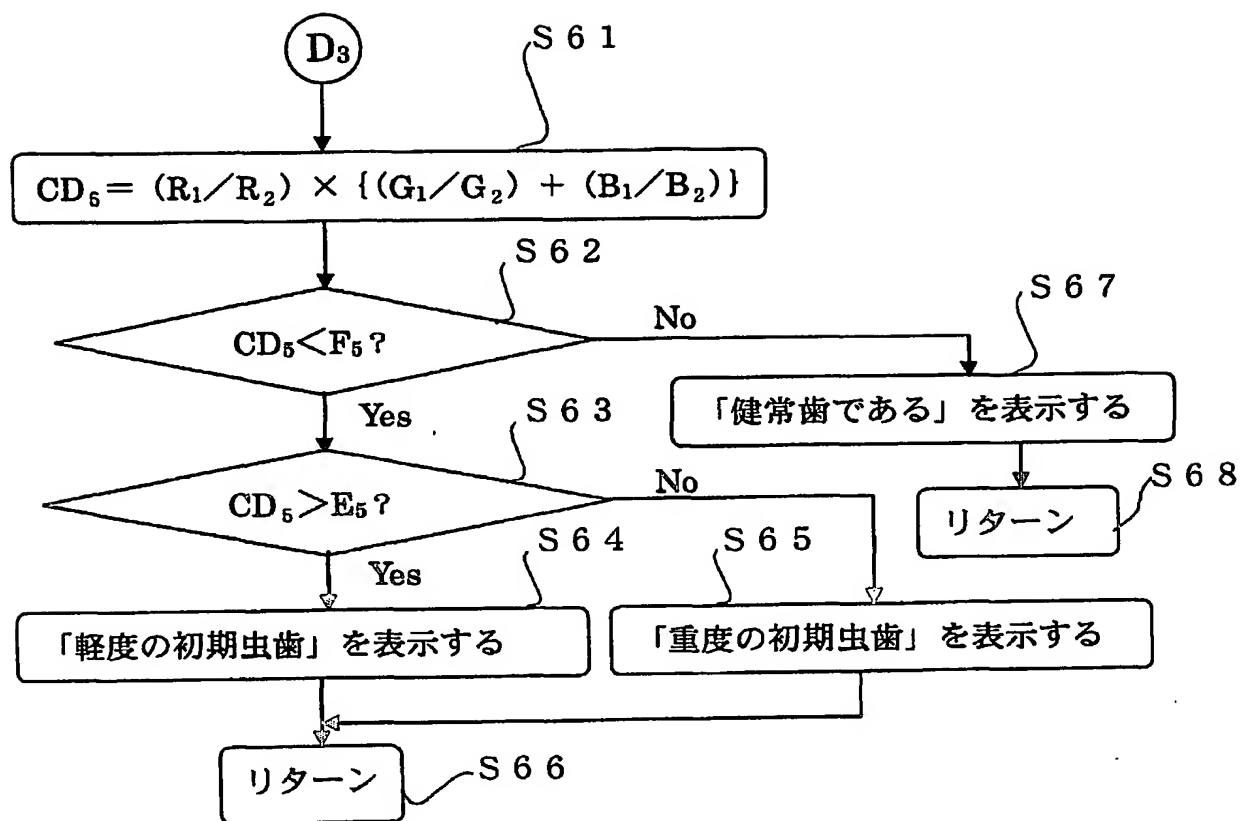


Fig.8



9/12

Fig.9



10/12

Fig.10(a)

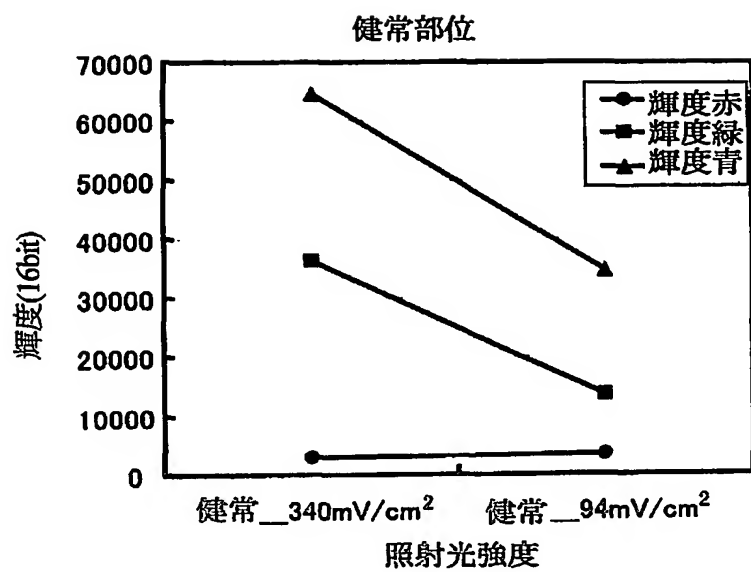
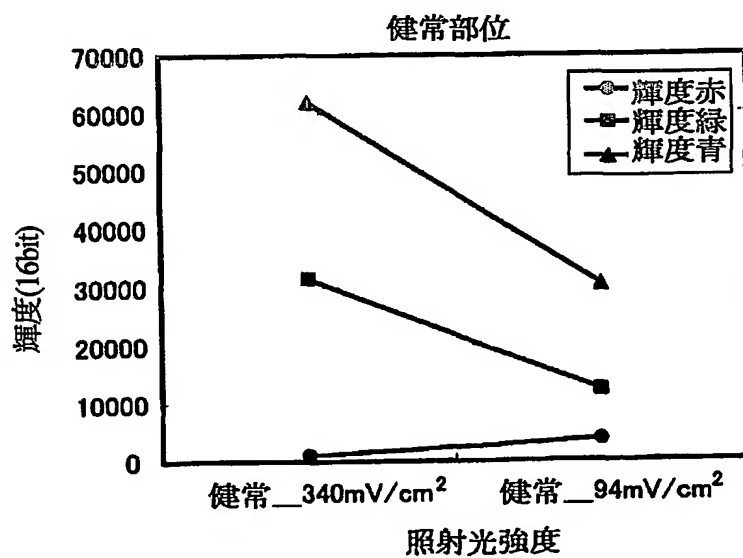


Fig.10(b)



11/12

Fig.10(c)

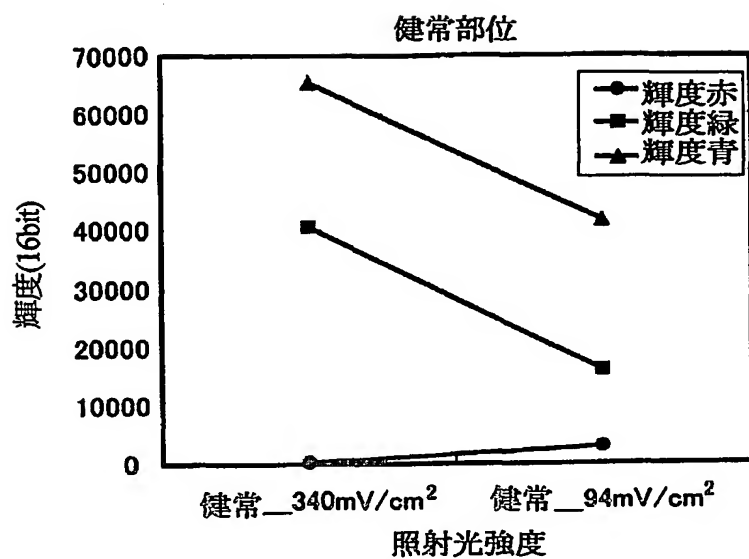
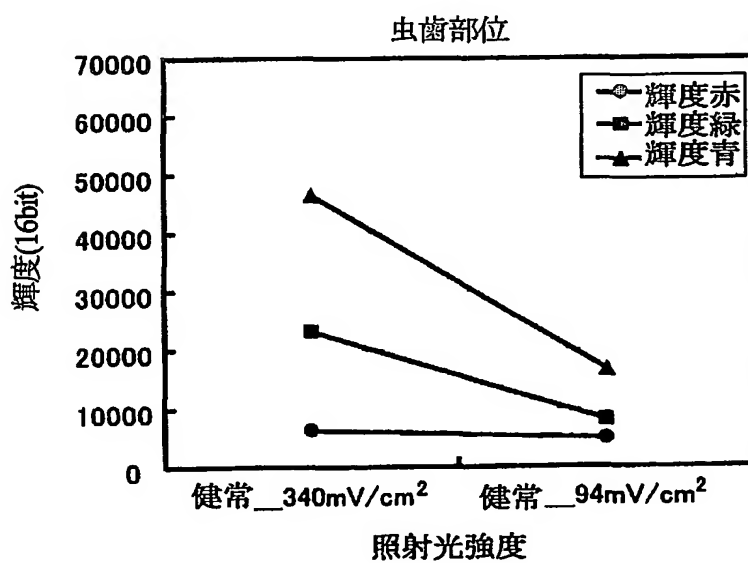


Fig.10(d)



12/12

Fig.10(e)

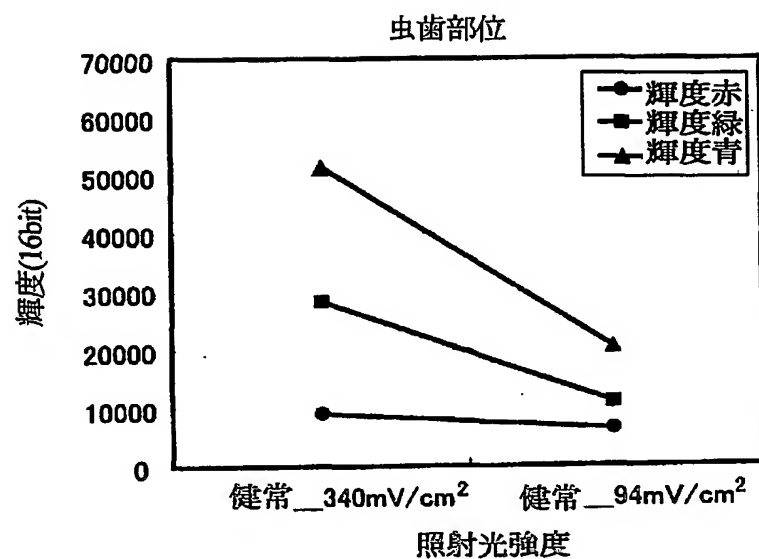
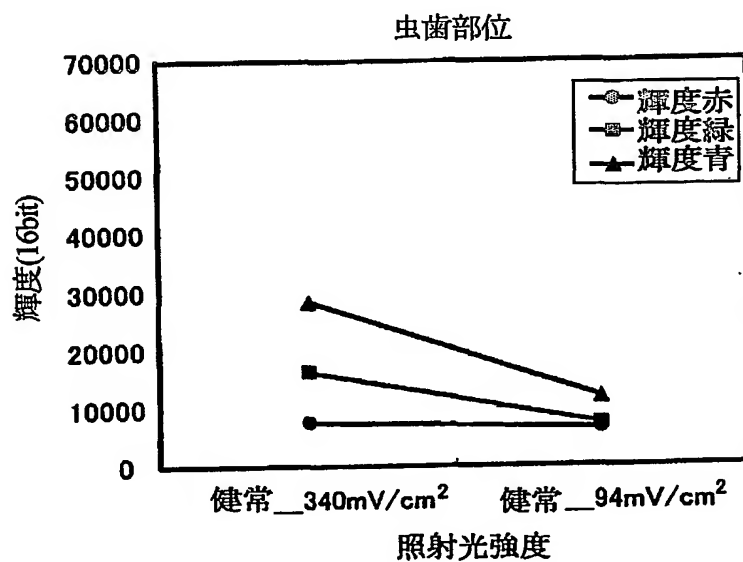


Fig.10(f)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004861

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ A61B1/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ A61B1/00-1/32, A61C19/00-19/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 JICST FILE, [SHOKI AND (MUSHIBA OR USHI OR USHI OR USHOKU OR USHOKU)
 AND (KEIKO OR HAKKO)] (in Japanese)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 56-40137 A (Robert R. Alfano), 16 April, 1981 (16.04.81), Full text; Figs. 1 to 8	1, 3, 5-7
Y	Full text; Figs. 1 to 8	8
A	Full text; Figs. 1 to 8 & FR 2463608 A1 & DE 3031249 A1 & GB 2058343 A & US 4290433 A & CA 1161120 A & NL 8004712 A	2, 4, 22
Y	JP 2001-24223 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 26 January, 2001 (26.01.01), Full text; Fig. 1 (Family: none)	8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 12 May, 2004 (12.05.04)

Date of mailing of the international search report
 25 May, 2004 (25.05.04)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004861

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 9-21, 23

because they relate to subject-matter not required to be searched by this Authority, namely:

Claims 9-21, 23 relate to a carious tooth detection method including a step for acquiring fluorescent information on a measured portion, i.e., an object which does not require international search by the International Search Authority under the provisions of (Continued to extra sheet)

2. ☐ Claims Nos.:

because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:

because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004861

Continuation of Box No.II-1 of continuation of first sheet(2)

PCT Article 17(2)(a)(i) and PCT Rule 39.1(iv).

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ A61B1/24			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ A61B1/00-1/32 Int. Cl ⁷ A61C19/00-19/10 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) J I C S T 科学技術文献ファイル, [初期 AND (虫歯 OR 齲歯 OR う歯 OR う食 OR う蝕) AND (蛍光 OR 発光)]			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X Y A	J P 56-40137 A (ロバート・アール・アルフアーノ) 1981. 04. 16 全文、第1-8図 & FR 2463608 A1 & DE 3031249 A1 & GB 2058343 A & US 4290433 A & CA 1161120 A & NL 8004712 A	1, 3, 5-7 8 2, 4, 22	
Y	J P 2001-24223 A (日亜化学工業株式会社) 2001. 01. 26 全文、第1図 (ファミリーなし)	8	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 12. 05. 2004		国際調査報告の発送日 25. 5. 2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 安田 明央 電話番号 03-3581-1101 内線 3290	

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☒ 請求の範囲 9-21, 23 は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
請求の範囲9-21, 23は、測定部位の蛍光情報を取り込むステップを有する虫歯検出方法に関するものであって、PCT第17条(2)(a)(i)及びPCT規則39.1(iv)の規定により、この国際調査機関が国際調査を行うことを要しない対象に係るものである。
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。